



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

**Prioritätsbescheinigung
DE 10 2004 057 290.9
über die Einreichung einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 057 290.9

Anmeldetag: 26. November 2004

Anmelder/Inhaber: Airbus Deutschland GmbH, 21129 Hamburg/DE;
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 80686 München/DE.

Erstanmelder: Airbus Deutschland GmbH,
21129 Hamburg/DE

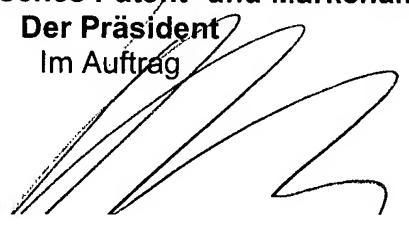
Bezeichnung: Vakuum-Sensor-Applikation

Priorität: 12. Dezember 2003 DE 103 58 772.1

IPC: C 09 J, B 32 B, B 29 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 31. Mai 2006
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Vakuum-Sensor-Applikation

Die Erfindung betrifft eine Vakuum-Sensor-Applikation für die Umsetzung eines „Structural Health Monitoring“ (SHM) gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Es wird eine Vakuum-Sensor-Applikation realisiert, mit der eine sichere und reproduzierbare Anwendung der Vakuum-Sensortechnologie mit Vakuum-Sensoren zur Rissdetektion bei mechanischen Tests an „coupon“- , „component“- und „full scale“-Prüfkörpern) sowie ein „Structural Health Monitoring“ (SHM) an Strukturen umgesetzt wird, um beispielsweise im Flugzeugbetrieb eine Rissfindung in Verbindungsnahten zu kontrollieren, welche ohne zusätzlichen Aufwand an Nacharbeit auf rationelle Weise realisiert wird. Die Vakuum-Sensor-Applikation wird einen fehlerfreien und reproduzierbaren Einsatz garantieren, der durch stark verbesserte Klebeigenschaften der strukturüberwachenden Vakuumsensoren unterstützt wird.

Die bisherige Applikation der Vakuum-Sensoren zur Rissfindung in Verbindungsnahten an Strukturen (Strukturoberflächen) wird folgendermaßen umgesetzt. Zuerst werden die Vakuum- und Luftgalerien nach dem Vorbild der Figuren 1a, 1b mit Hilfe von Laser-Lithographie in das Sensor-Werkstück (Sensormaterial), also in die Oberfläche des Sensormaterials, eingebracht. Im Anschluss daran wird die Applikation des unvernetzten Haftklebstoffes nach dem Vorbild der Fig. 1c in einem Sprühverfahren auf die lithographierte Oberfläche aufgetragen. Dadurch werden die Galerien (Vakuum- und Luftgalerien) zu einem guten Teil mit Klebstoff belegt. Durch die Klebstoffapplikation im Sprühverfahren ist nur die Verwendung eines unvernetzten Haftklebstoffes möglich. Außerdem limitiert der Klebstoffauftrag nach der Lithographie die maximale Klebschichtdicke, da ansonsten die Vakuum- und Luftgalerien verstopfen würden. Das Verkleben des Sensors mit der Prüfteiloberfläche wird in der Fig. 1d dargestellt, das allerdings nur unter einem undefinierten und nicht reproduzierbaren Anpressdruck erfolgt kann.

In der Anwendungsphase werden die Vakuum-Sensoren in den Verbindungsnahten in komplexer Weise dynamisch-mechanisch belastet. Dabei kommt es in den Klebverbindungen zwischen Sensor und Prüfkörperoberfläche häufig zu Leckagen und zu Blockaden der Vakuum- und Luftgalerien. Das Auftreten von Leckagen ist zurückzuführen auf a) die zu geringe Schichtdicke des Haftklebstoffes, was bei der anfallenden Belastung die dynamische Adhäsion des Haftklebstoffes auf der Fügeteiloberfläche verringert, b) auf die verstärkte Kriechneigung des unvernetzten Sprühklebstoffes, c) auf den undefinierten und nicht reproduzierbaren Anpressdruck, der eine zu schwache und undefinierte Adhäsion des Haftklebstoffes auf der Fügeteiloberfläche verursacht. Die Blockaden werden ausgelöst durch a) das Fließen des unvernetzten Haftklebstoffes in die Vakuum- und Luftgalerien und b) durch den bereits vorhandenen Klebstoff in den Vakuum- und Luftgalerien unter dem Einwirken der Nietkräfte oder eines zu hohen Anpressdruckes während des Verklebens der Sensoren.

Außerdem geht aus der Druckschrift: „DE 101 05 893 A1“ ein Verfahren hervor, womit in eine zu klebende Fläche durch Laserbestrahlung mikrostrukturierte Ausnehmungen eingebracht werden. Diese werden jedoch dann im Rahmen des Klebeprozesses mit Klebstoff befüllt.

Weiter beschreiben die Druckschriften: „DE 100 56 908 A1“ und „US 5,571,410 A“ beide Verfahren, die mit Laserstrahlung kanalartige Strukturen in Bauteilen herstellen und diese dann durch aufaminieren oder aufschweißen einer Folie verschließen.

- 5 Diese beiden Verfahren unterbreiten jeweils Lösungen zur Herstellung kanalartiger Strukturen, deren fehlerfreier und reproduzierbarer Einsatz zur Umsetzung eines „Structural Health Monitoring“ an Strukturen nicht zweifelsfrei sein wird. Auch aus technologischen Aspekten betrachtet wird keine rationelle Umsetzung einer Vakuum-Sensor-Applikation vermutet.

Demzufolge liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Lösung für die Realisierung einer Vakuum-Sensor-Applikation anzugeben, mit der eine Rissfindung in Verbindungsnahten an einer Struktur ständig kontrollierbar wird. Jene Vakuum-Sensor-Applikation soll sich auf rationelle Weise und ohne zusätzlichen Aufwand an Nacharbeit realisieren lassen, wobei mit ihr ein fehlerfreier und

5 reproduzierbarer Einsatz zur Umsetzung eines „Structural Health Monitoring“ an Strukturen erreicht werden soll.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst. In den weiteren Ansprüchen werden zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen dieser Maßnahmen

10 angegeben.

Die Erfindung wird in einem Ausführungsbeispiel anhand der beigefügten Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen

- Fig. 2a den Längsschnitt eines einzelnen Sensor-Werkstückes (abgerollten Sensormaterials gestreckter Ausführung);
- 5 Fig. 2b das Sensor-Werkstück nach der Fig. 1 mit einem auf der Sensor-Auflagefläche laminierten Haftklebwerkstoff;
- Fig. 2c das klebstofflaminierter Sensor-Werkstück nach Fig. 2b mit ausgenommenen Galerien;
- Fig. 2d das einem Körperbauteil positionierte klebstofflaminierter Sensor-Werkstück mit der Architektur ausgenommener Galerien nach Fig. 2c;
- 10 Fig. 3 das klebstofflaminierter Sensor-Werkstück nach Fig. 2b mit der Anordnung verschiedenartig ausgenommener Galerien;
- Fig. 4 das klebstofflaminierter Sensor-Werkstück nach Fig. 2b mit der modifizierten Anordnung verschiedenartig ausgenommener Galerien.

Es wird eine Vakuum-Sensor-Applikation zur Überwachung der Strukturintegrität, eben für ein (den Fachkreisen unter der Bezeichnung bekanntes – sogenanntes) „Structural Health Monitoring“, vorgestellt, bei dem ein Sensor-Werkstück 1 auf einem Körperbauteil-Oberflächenbereich 3 eines Körperbauteiles 2 positioniert wird. Dieses Sensor-Werkstück 1 ist jenem Körperbauteil 2 innerhalb

20 einem definierten Bereich der Körperbauteil -Oberfläche stoffschlüssig verbunden. Das Sensor-Werkstück 1, das in der Fig. 2a gezeigt wird, besteht aus einem Sensorwerkstoff, der für die Umsetzung der Sensorfunktionen eines Vakuumsensors geeignet ist.

Der Aufbau jener Vakuum-Sensor-Applikation umfasst – mit einem Blick auf die Fig. 2d - demnach

25 (allgemein betrachtet) jenes erwähnte Körperbauteil 2, an dem ein Sensor-Werkstück 1 innerhalb einem definierten Bereich des ebenflächig gestalteten Körperbauteil-Oberflächenbereiches 3 (einer ebenflächigen Körperbauteil-Oberfläche) positioniert ist und dem Körperbauteil 2 stoffschlüssig gefügt ist. Dem Sensor-Werkstück 1 ist auf einer ebenflächigen Sensor-Auflagefläche 4 eine Klebschicht 5 laminiert. Diese Klebschicht 5 wird auf der Sensor-Auflagefläche 4 homogen verteilt aufgelegt. Ferner

30 wird man in Korrelation der Fig. 2c aus der Fig. 2d entnehmen, dass dem Sensor-Werkstück 1 die geometrischen Muster von mehreren Galerien 6 eingebracht (ausgenommen) sind, welche deckungsgleich mit den in das klebstofflaminierter Sensor-Werkstück 1 eingebrachten Strukturen der Klebschicht 5 entfernt sind. Diese Galerien 6 sind nebeneinander liegend laminar angeordnet. Sie werden unter Verwendung bekannter Strahlungsmethoden, vorzugsweise mit Hilfe der Laser-

35 Lithographie, mit einem Lichtstrahl, vorzugsweise einem Laserstrahl, realisiert.

Das Sensor-Werkstück 1, das in der Fig. 1 einzeln dargestellt wird, ist quader- oder schichtenartig ausgebildet, wobei eine Quaderform respektive eine (nicht gesondert dargestellte) Würfelform [als Sonderform eines Quaders] realitätsnah sein wird.

Die unterhalb des Sensor-Werkstückes 1 angeordnete Sensor-Auflagefläche 4 wird demnach eine rechteckförmige oder quadratische Form besitzen. Nach dem Vorbild der Fig. 2c ist der Sensor-Auflagefläche 4 des Sensor-Werkstückes 1 jene Klebeschicht 5 geschichtet. Die Klebeschicht 5 wird der Sensor-Auflagefläche 4 mit einem dafür geeigneten Werkzeug aufgetragen, wobei die klebefähige Oberfläche der Klebeschicht 5 demnach quadratisch oder rechteckförmig gestaltet und nahezu kongruent der Sensor-Auflagefläche 4 geschichtet ist. Damit wird ein Schichtenaufbau realisiert, bei dem die Höhe des Sensor-Werkstückes 1 respektive der Abstand zwischen der Grund- und Deckfläche des Sensor-Werkstückes 1 von quader- oder würfelförmiger Gestalt oder die Schichtdicke a eines bspw. schichtenartig ausgebildeten Sensor-Werkstückes 1 größer der Schichtdicke b der Klebeschicht 5 ist.

Zurückkommend auf die vorher erwähnten Galerien 6 wird hinzukommend ausgeführt, dass die einzelne Galerie 6 mit einer Abtragtiefe t realisiert ist, die durch jenen Körperbauteil-Oberflächenbereich 3 des Körperbauteils 2 begrenzt und in das Sensor-Werkstück 1 fortgesetzt ist.

So wird man eine Ausführung der Galerien 6 aus den Figuren 2c und 2d entnehmen, die ein uniformes Aussehen besitzen. Diese Art von Galerie 6 ist lotrecht zur Deck- oder Grundfläche des beispielhaft vorgestellten Sensor-Werkstückes 1 von der Gestalt eines Quaders ausgenommen, deren Galerie-Querschnitt demjenigen einer (nach unten – zur Klebschicht 5 – geöffneten) Parabel entspricht. Die Abtragrichtung jener beispielhaften Galerien 6 wird in Richtung der Abszisse der Parabel geschehen, wobei jene beispielhaften Galerien 6 mit einer Abtragtiefe t ausgenommen werden, die (bereits) an der frei liegenden klebefähigen Oberfläche der Klebeschicht 5 des erwähnten Schichtenaufbaus einsetzt und im Parabelursprung auf der Abszisse innerhalb dem Sensorwerkstück 1 enden wird.

Andererseits sind Ausführungen an Galerien 6 mit einer verschiedenartigen geometrischen Gestalt und einem unterschiedlichen Galeriequerschnitt denkbar, die durch die Klebschicht 5 geführt dem Sensor-Werkstück 1 eingearbeitet sind. Dabei werden entsprechende Galerien 6 bedacht, deren (auf das Vorbild einer einzelnen Galerie 6 bezogene) geometrische Gestalt mit einem nicht quadrat- oder rechteckförmigen Galeriequerschnitt, der einem nicht zylinderförmigen Längsschnitt vergleichbar ist, dem Sensor-Werkstück 1 eingearbeitet ist. Derartige Galerien 6 werden einen räumlich variablen Galeriequerschnitt aufweisen, der dem Sensor-Werkstück 1 eingearbeitet ist.

Dagegen werden Galerien 6, die eine uniforme geometrische Gestalt aufweisen, mit einem uniformen Galeriequerschnitt dem Sensor-Werkstück 1 eingearbeitet. Eine denkbare Ausführungsform, die sich auf jenes beispielhafte Vorbild nach den Figuren 2c und 2d bezieht, ist bei einer Realisierung des uniformen Galeriequerschnittes mit einer parabelförmigen Querschnittsform gegeben, wobei die Öffnung der Parabel durchtretend der Sensor-Auflagefläche 4 an der klebefähigen Oberfläche der Klebeschicht 5 des erwähnten Schichtenaufbaus nach dem Vorbild der Fig. 2c abschließen wird.

Eine andere denkbare Ausführungsform an Galerien 6 berücksichtigt, dass der uniforme Galeriequerschnitt einer einzelnen Galerie 6 mit einer dreieckförmigen Querschnittsform realisiert ist, wobei die Öffnung des Dreiecks, die dem von zwei Dreieckseiten eingeschlossenen Winkel gegenüberliegend angeordnet ist, mit der Sensor-Auflagefläche 4 abschließen wird. Dabei wird die Realisierung einer dreieckförmigen Querschnittsform mit der Gestalt eines gleichschenkligen Dreiecks bedacht.

Auch könnte eine weitere Ausführungsform an Galerien 6 entsprechende Berücksichtigung finden, deren uniforme Galeriequerschnitt mit einer trapezförmigen Querschnittsform realisiert ist, wobei die Öffnung des Trapezes, die der Deckfläche des Trapezes gegenüberliegend angeordnet ist, mit der Sensor-Auflagefläche (4) abschließen sollte.

Die Anordnung jener in der Mehrzahl dem Schichtaufbau eingelassenen Galerien 6, die in der Regel (i. d. R.) einen uniformen Galeriequerschnitt aufweisen werden, wird am Gesamtprodukt, also der Vakuum-Sensor-Applikation, mit einer Galerie-Architektur berücksichtigt werden, nach welcher der eingebrachte Galerieverlauf seitenparallel oder längs- oder breiseitig oder querverlaufend den kongruent liegenden Schichten des Schichtenaufbaus ohne Galerie-Kreuzung realisiert ist. In der Regel wird, wie aus den Figuren 2a bis 2d ersichtlich, ein seitenparalleler oder längs- oder breiseitiger Galerieverlauf realisiert werden, da ein querverlaufend den kongruent liegenden Schichten des Schichtenaufbaus gewählter Galerieverlauf, der sinnvollerweise ohne eine Kreuzung der Galerien 6 ausgeführt wird, wohl doch eher die Ausnahme darstellen wird.

Hinsichtlich der erwähnten Klebeschicht 5 wird noch ergänzt, dass diese i. d. R. gleichmäßig und vorzugsweise mit einer geringen Schichtdicke b ausgeführt ist, dermaßen, dass jene Schichtdicke b der Klebeschicht 5 mit einem dünnen Schichtenauftrag realisiert ist.

Natürlich kann die Klebeschicht 5 auch mit einer dickeren Schichtdicke b , die stärker als jene dünn ausgeführte Schichtdicke b gewählt wird, realisiert werden; nur dann sind möglicherweise weitere besondere Maßnahmen vorzusehen, die mit den Fähigkeiten des verwendeten Klebstoffs, bspw. seiner Viskosität, seinem Fließverhalten, seiner Temperaturbeständigkeit, seiner Resistenz gegenüber der näheren Umgebung am Einsatzort, etc., und / oder mit weiteren lokalen Vorkehrungen am Ort der Auflage der Schichtenanordnung innerhalb jenem definierten Positionsbereich auf der ebenflächigen Körperbauteil-Oberfläche des Körperbauteils 2 korrelieren werden, damit kein Klebstoff oder sonstige ungewünschte Abscheidungen oder sonstige feste Partikel etc. in die Galerien 6 (aus Gründen der Reinheit respektive der Gewährleistung jener versprochenen fehlerfreien und reproduzierbaren Arbeitsweise der Vakuum-Sensor-Applikation) dringen werden, wodurch Verstopfungen oder Verschmutzungen des offen (freien) Galeriequerschnittes eintreffen werden.

Die Klebschicht 5 ist allgemein mit einem Haftklebstoff, vorzugsweise einem laminierfähigen Transfer-Haftklebstoff realisiert. Die allgemeine Angabe: „Haftklebstoff“ wird deshalb gewählt, weil durchaus andere haftende Klebstoffarten, die nachfolgend nicht betrachtet werden, durchaus aufgrund ihrer Eigenschaften und ihrer technologischen Handhabung zur Realisierung der Klebeschicht 5 geeignet sein können, worauf nicht näher eingegangen wird.

Beispielhaft auf die Figuren 2b bis 2d sowie 3 und 4 bezogen wird vorgeschlagen, dass die Klebschicht 5 mit einem vernetzten Transfer-Haftklebstoff von geringer Kriechneigung realisiert ist. Dieser Transfer-Klebstoff sollte befähigt sein, zwischen dem Sensor-Werkstück 1 (der Sensorauflagefläche 4 des Sensor-Werkstückes 1) und dem Körperbauteil 2 (dem Körperbauteil-Oberflächenbereich 3 des Körperbauteils 2) eine Adhäsion umzusetzen. Damit wird ein vermehrter Zusammenhalt der beiden Fügepartner (Sensor-Werkstück 1 mit Körperbauteil 2) an den Fügestellen durch eine stoffschlüssige Fügung umgesetzt.

Die Klebschicht 5 sollte mit einem vernetzten Transfer-Haftklebstoff von geringer Kriechneigung realisiert werden, welcher befähigt ist, zwischen dem Sensor-Werkstück (1) an der Sensorauflagefläche 4 und dem Körperbauteil 2 am Körperbauteil-Oberflächenbereich 3 eine genügend hohe Adhäsion zum festen und witterungsunabhängigen Zusammenhalt der Fügepartner umzusetzen. Der Transfer-Haftklebstoff ist befähigt, an den Kontaktflächen der Sensorauflagefläche 4 und des Körperbauteil-Oberflächenbereiches 3 eine dynamisch-mechanische und homogene Adhäsion zu entwickeln, die mit einer Adhäsionskraft (im Schälversuch) von 20 bis 50 N /25 mm realisiert ist.

Der Transfer-Haftklebstoff ist ein abrollfähiger Klebstoff, der sich von einer Transferrolle abrollen lässt und auf der ebenflächigen Oberfläche des Sensor-Werkstückes 1, bspw. der Quader-Grundfläche des Sensor-Werkstückes 1, mit dafür geeigneten Hilfsmitteln angeordnet (abgelegt) wird. Dieser Klebstoff wird mit einer definierten und konstant bleibenden Schichtdicke b lokalisiert, der zum stoffschlüssigen Fügen auf dem Körperbauteil-Oberflächenbereich 3 des Körperbauteils 2, das unter dem Einfluss eines auf die beiden Fügepartner einwirkenden definierten und reproduzierbaren Anpressdruck realisiert wird, geeignet ist. Zur Verwendung wird ein Acrylat-Haftklebstoff vorgeschlagen, der eine Schichtdicke b von etwa 25 μm haben sollte.

Der erwähnte Sensor-Werkstoff des Sensor-Werkstückes 1 bezieht sich auf einen Polymerwerkstoff, dessen Verwendung vorzugsweise mit einem Polyimide gesehen wird. Hinsichtlich letzterem wird der Einsatz einer sogenannten Kapton-Folie vorgeschlagen, die mit einer Foliendicke von etwa 125 μm realisiert ist.

Zur Einbringung (Abtragung) aller vorgenannter Galerien 6 und weiterer, worauf später eingegangen wird, wird ein Laserstrahl verwendet, der beispielsweise mit einem gepulsten Eximerstrahl bereitgestellt wird. Der Eximerstrahl wird mit einer Pulsenergie von etwa 400 mJ auf das klebstofflaminierter Sensorwerkstück 1 gerichtet.

Mit einem Blick auf die Figuren 2c und 2d wird zur Abtragung der Galerien 6 parabelförmigen (uniformen) Galerie-Querschnittes jener Eximerstrahl vorzugsweise lotrecht stehend auf die Sensor-Auflagefläche 4 gesetzt. Dabei könnte der Eximerstrahl auch unter verschiedenen Anstellwinkeln der Sensor-Auflagefläche 4 gesetzt werden, sofern (bei Bedarf) verschiedenartige Galerien von
5 beispielsweise unterschiedlicher Gestalt (aus welche Gründen auch immer) uniform laminiert ausgenommen werden. Es wird ein Anstellwinkel betrachtet, der mit einem Winkelbereich von -45° bis $+45^\circ$ angegeben wird, den der Laserstrahl mit der Sensor-Auflagefläche einschließen wird.

10 Der verwendete Transfer-Klebstoff der Klebeschicht 5 wird die Fähigkeit besitzen, unter dem Einfluss des durchdringenden Lichtstrahles den Transfer-Haftklebstoff mit dem Durchtrittsquerschnitt des Lichtstrahles an der Lichtdurchtrittsstelle über die Schichtdicke (b) des Transfer-Klebstoffes durch rückstandslose Klebstoffverdampfung ohne makroskopischen Klebstoffrückstand auszusparen.

15 Auch wird erwähnt, dass die mit der Abtragtiefe t korrelierende Galerietiefe jener Galerien 6 von uniformer geometrischer Gestalt mit etwa $100\text{ }\mu\text{m}$ realisiert wird, die subsummiert durch die Schichtdicke b der Klebschicht 5 und die innerhalb dem Sensor-Werkstück 1 ausgenommene Tiefe der betreffenden Galerie 6 bestimmt ist.

20 Beispielbezogen sollte die innerhalb dem Sensor-Werkstück 1 ausgenommene Tiefe der betreffenden Galerie 6 mit $75\text{ }\mu\text{m}$ realisiert werden.

Die Verwendung der Vakuum-Sensor-Applikation wird beispielsweise überwiegend an einem Körperbauteil 2 gesehen, dessen Werkstoff ein entsprechendes Metall (allgemein bezeichneter Art) ist
25 oder Metallaminat betrifft. Hinzukommend sind Verwendungen an einem Composite-Werkstoff realistisch. Auch wird bedacht, dass die Oberflächen der metallenen Werkstoffe mit einer Schicht aus Bond-Primer oder Farbe beschichtet sind. Diese als Prüfkörper angegebenen Körperbauteile 2 gilt es mit
30 einem geeigneten „Structural Health Monitoring“ zu überwachen, um beispielsweise - auf die unterschiedlichen Materialarten der Struktur(en) eines Flugzeuges bezogen -, frühzeitig Rissbildungen an der Flugzeugstruktur zu erkennen respektive eine Rissfindung in Verbindungsnahten während des stattfindenden Flugzeugbetriebes mittels jener Vakuum-/ Luft-Sensoren, die mit jenen Galerien (Vakuum- und Luftgalerien) vergegenständlicht sind, umzusetzen.

Es bleibt zu erwähnen, dass auch die nachfolgenden Ausführungen für eine Vakuum-Sensor-
35 Applikation interessant sein dürften, die sich hinsichtlich der bereits vorgestellten Ausführung unterscheiden. Übereinstimmend letzterer ist den beiden weiteren vorgeschlagenen Applikationen jener Aufbau, nachdem diese beiden Ausführungen einer Vakuum-Sensor-Applikation für ein „Structural Health Monitoring“ ebenfalls mit einem Körperbauteil 2 realisiert sind, an dem ein Sensor-Werkstück 1, welchem auf einer ebenflächigen Sensor-Auflagefläche 4 eine Klebschicht 5 laminiert
40 und dort homogen verteilt aufgelegt ist, innerhalb einem definierten Bereich einer ebenflächigen Körperbauteil-Oberfläche positioniert ist und dem Körperbauteil 2 stoffschlüssig gefügt ist.

Die Unterschiede für eine weitere Vakuum-Sensor-Applikation bestehen darin, dass dem Sensor-Werkstück 1 die geometrischen Muster von mehreren ersten Galerien 61 uniformer Gestalt, beispielsweise parabelförmigen Aussehens, mit einem ersten Galeriequerschnitt A_1 und einer ersten Abtragtiefe t_1 , die gemäß der Fig. 3 nebeneinander liegend laminar angeordnet sind, und die

5 geometrischen Muster von mehreren zweiten Galerien 62 uniformer Gestalt, beispielsweise rechteckförmigen Aussehens, mit einem zweiten (bspw. rechteckförmigen) Galeriequerschnitt A_2 und einer zweiten Abtragtiefe t_2 , die mit der Breite des Rechtecks korreliert, eingebracht sind.

Die ersten und zweiten Galerien 61, 62 sind jeweils entlang einer Abtragachse x , die lotrecht auf einer Sensor-Werkstück-Oberfläche 7 steht, ausgenommen. Diese Applikation berücksichtigt, dass die erste

10 Abtragtiefe t_1 größer der zweiten Abtragtiefe t_2 ist. Hinzukommend ist der zweite Galeriequerschnitt A_2 größer dem ersten Galeriequerschnitt A_1 realisiert, wobei das geometrische Muster der einzelnen zweiten Galerie 62 jeweils mit der in das klebstofflaminierter Sensor-Werkstück 1 eingebrachten Struktur der Klebschicht 5 entlang jener Abtragsachse x mit einer dritten Abtragstiefe t_3 entfernt ist, welche der Dicke der Klebstoffschicht 5 entspricht.

Die Unterschiede für eine andere Vakuum-Sensor-Applikation bestehen darin, dass dem Sensor-Werkstück 1 die geometrischen Muster von mehreren ersten Galerien 61 uniformer Gestalt mit einem ersten Galeriequerschnitt A_1 und einer ersten Abtragtiefe t_1 , die gemäß der Fig. 4 nebeneinander liegend laminar angeordnet sind, eingebracht sind, wobei die ersten Galerien 61 jeweils entlang einer

20 Abtragachse x , die lotrecht auf einer Sensor-Werkstück-Oberfläche 7 steht, ausgenommen sind. Das geometrische Muster der einzelnen ersten Galerie 61 ist jeweils mit der dem klebstofflaminierter Sensor-Werkstück 1 eingebrachten Struktur entlang jener Abtragsachse x mit einer dritten Abtragstiefe t_3 , welche der Dicke der Klebstoffschicht 5 entspricht, und einem dritten Galeriequerschnitt A_3 abgestuft entfernt, wobei die dritte Abtragstiefe t_3 kleiner oder gleich oder größer der ersten

25 Abtragtiefe t_1 sowie der dritte Galeriequerschnitt A_3 größer dem ersten Galeriequerschnitt A_1 ist.

Hinsichtlich der vorgestellten drei Ausführungen für eine andere Vakuum-Sensor-Applikation wird folgendes hinzugefügt. Wie bereits angedeutet - werden die Muster von mehreren Galerien 6, 61, 62, den sogenannten Vakuum- und / Luftgalerien, nach dem Vorbild der Fig. 2c unter Anwendung

30 bekannter Strahlungsmethoden, beispielsweise mit Hilfe der Laser-Lithographie durch Abtrag von Klebschicht 5 und Sensormaterial in das Sensor-Werkstück 1 übertragen. Der Materialabtrag erfolgt durch die Verdampfung von Klebstoff und Sensormaterial. Die Tiefe der einzelnen Galerie wird durch die Anzahl der Wiederholungsvorgänge des Laserstrahlprozesses gesteuert. Die Abtragsrate der Galerien wird durch die Verfahrensgeschwindigkeit, die Intensität und die Fokussierung des Laserstrahls

35 beeinflusst. Die Breite der Galerien wird neben dem Fokussdurchmesser durch die Wiederholungszahl des Laserstrahlprozesses bei gleichzeitigem Parallelversatz der Laserstrahlspur eingestellt. Bei einem schichtweisen Abtrag und gleichzeitig optimierten Arbeitsparametern (Vorschubgeschwindigkeit, Fokussdurchmesser, Intensität) werden keine makroskopischen Verunreinigungen in den Galerien zurück bleiben.

Bei starker Druckbeaufschlagung des mit der Galerie umgesetzten Sensors, wie etwa in der Integralanwendung zur Rissüberwachung zwischen zwei Nietblechen einer Struktur, bietet sich an, je nach Viskosität des verwendeten Klebstoffes einen Teil des Klebstoffes zu beiden Seiten der Galerien in der vorher beschriebenen Weise bis zum Sensor-Werkstück 1 abzutragen. Dadurch wird dem Klebstoff zusätzlicher Raum zur Volumenausdehnung geboten und die Gefahr einer Querschnittsreduktion der Galerien vermindert. Zudem können in diesem von Klebstoff freigearbeiteten Bereich in paralleler Anordnung zu den Luft- bzw. Vakuum-Galerien zusätzliche Galerien, die mit jener zweiten Galerie 62 oder jener (einen dritten Galeriequerschnitt A_3 und eine dritte Abtragstiefe t_3 aufweisenden) dritten Galerie angegeben werden, sogenannte Schutzgalerien, in oben beschriebener Weise in das Sensor-Werkstück 1 eingearbeitet werden. Diese Schutzgalerien bieten bei starker Druckbeaufschlagung des mit den Galerien realisierten Sensors zusätzlichen Raum für die Volumenausdehnung des Klebstoffes und wirken so der Gefahr einer Querschnittsreduktion der Galerien durch den Klebstoff entgegen.

Dem wird hinzugefügt, dass die alternativen Maßnahmen, die auf jene zur Verwendung vorgeschlagenen Werkstoffe der Elemente und deren Eigenschaften (Klebstoff, Sensor- und Prüfkörpermaterial) und den eingesetzten Laser zurückgehen, welche hinsichtlich der anfangs vorgestellten (ersten) Ausführung für eine Vakuum-Sensor Applikation nach den Figuren 2a bis 2b vorgeschlagen werden, sich auch auf jene Ausführungen für eine Vakuum-Sensor Applikation nach den Figuren 3 und 4, sofern vereinbar, übertragen lassen.

Um auch mit einer Realisierungsmöglichkeit einen Eindruck hinsichtlich der Umsetzung der Vakuum-Sensor-Applikation zu vermitteln, werden nachfolgend am Beispiel jener anfangs vorgestellten (ersten) Ausführung nach den Figuren 2a bis 2b folgende Verfahrensschritte zum stoffschlüssigen Fügen eines Sensor-Werkstückes 1 an einem Körperbauteil 2 vorgestellt, bei dem das Sensor-Werkstück 1, das aus einem Sensorwerkstoff besteht, auf einem Körperbauteil-Oberflächenbereich 3 des Körperbauteils 2 positioniert und letzterem stoffschlüssig verbunden wird. Die Realisierung jener Vakuum-Sensor-Applikation wird mit folgenden Schritten in der abgegeben Reihenfolge geschehen, nach denen

a) zuerst einer Sensor-Auflagefläche 4 des Sensor-Werkstückes 1 eine Klebschicht 5 laminiert wird, die durch einen vernetzten Transfer-Haftklebstoffes bereitgestellt wird,

b) dann unter Anwendung des Laser-Lithographie-Verfahrens die geometrischen Muster von mehreren laminar anzuordnenden Galerien 6 mit einem durch den Transfer-Haftklebstoff dringenden Lichtstrahl auf die Sensor-Auflagefläche 4 übertragen werden, die anschließend mit einer Abtragstiefe t dem klebstofflaminieren Sensor-Werkstück 1 ausgespart werden und dabei deckungsgleich mit den in das Sensor-Werkstück 1 eingebrachten Strukturen der Klebschicht 5 entfernt werden,

c) darauffolgend die klebstofflamierte gemusterte Sensor-Auflagefläche 4 auf einem definierten Flächenbereich der Körperbauteil-Oberfläche 3 angeordnet wird,

d) danach auf die beiden Fügepartner ein mechanischer Druck ausgeübt wird, mit dem die

- 5 klebstofflamierte gemusterte Sensor-Auflagefläche 4 und der Körperbauteil-Oberflächenbereich 3 zusammengepresst werden.

Alternative Ausgestaltungen dieser (allgemein angegeben) Schritte lassen sich den vorstehenden Angaben entnehmen.

- 10 Sofern noch nicht geschehen, wird diesen Ausführungen hinzugefügt, dass auch die Möglichkeit besteht, dass die Muster der Galerien 6 indirekt mit Hilfe von Masken auf jener Sensor-Auflagefläche 4 (Oberfläche) abgebildet werden und dabei mit der erforderlichen Zahl von Lichtdurchgängen (Laserstrahldurchgängen) in die Sensor-Auflagefläche 4 eingebracht respektive der Sensor-Auflagefläche 4 abgetragen werden, worauf nicht näher eingegangen wird.

Darauffolgend wird ein weiterer Schritt c) umgesetzt, wonach das Sensor-Werkstück 1 mit der klebstofflamierten Sensor-Auflagefläche 4 auf einem definierten Flächenbereich der Körperbauteil-Oberfläche 3 angeordnet wird. Abschließend wird ein Schritt d) umgesetzt, gemäß dem nachfolgend auf beide Fügepartner (Sensor-Werkstück 1 und Körperbauteil 2) ein mechanisch wirkender

20 Anpressdruck 8 ausgeübt wird, mit dem die klebstofflamierte Sensor-Auflagefläche 4 und der Körperbauteil-Oberflächenbereich 3 zusammengepresst werden.

Diese allgemeine Darstellung lässt sich durch die folgenden Maßnahmen erweitern. So wird vorgeschlagen, dass das mit der klebstofflamiert gemusterten Sensor-Auflagefläche 4 ausgeführte

25 Sensor-Werkstück 1 in einem Trockenschrank einer sogenannten Temperung (Temperierung) unterzogen wird, wodurch die (homogene) Adhäsion zwischen dem Transfer-Haftklebstoff und der (mit letzterem) klebstofflamierten Sensor-Auflagefläche 4 maximiert wird. Auch wird angeraten, dass eine

Grob- und / oder Feinreinigung des Körperbauteil-Oberflächenbereichs 3 vorgenommen wird, da eine unreine (verschmutzte) Körperbauteil-Auflagefläche 3 wohl kaum dem stoffschlüssigen Fügen der

30 beiden Fügepartner förderlich sein dürfte. Außerdem wird zur Verbesserung (Maximierung) der eben erwähnten Adhäsion zwischen dem Transfer-Haftklebstoff und der (mit letzterem) klebstofflamierten Sensor-Auflagefläche 4 vorgeschlagen, dass die Galerien 6 ggf. einseitig luftdicht verschlossen werden und jene Galerien 6 andererseits einer Vakuumeinrichtung, bspw. einer Vakuumpumpe, angeschlossen werden, so dass daraufhin innerhalb der Galerien 6 ein Vakuum erzeugt wird. Da

35 vorgesehen wird, dass das Zusammenpressen der beiden Fügepartner mit Hilfe einer (die beiden Fügepartner umklammernden) Klemmvorrichtung umgesetzt wird, wird ein Anpressdruck 8, der durch das Anpressen der Auflageflächen der beiden Fügepartner mittels der Klemmvorrichtung produziert wird, bei einer gleichzeitigen Anwendung der Klemmvorrichtung und der Vakuumeinrichtung bis zu einem (durch die Vakuumeinrichtung erzeugten) definierten Vakuum erhöht werden, der wenigstens

40 zehn Minuten lang aufrechterhalten werden sollte.

Auch wird erwähnt, dass das Abrollen des Transfer-Haftklebstoffes von einer Transferrolle erfolgen wird. Erst nach dem Abrollen des Transfer-Haftklebstoffes wird die Laminierung der Klebschicht 5 mit bspw. einer Handlaminierwalze realisiert, mit welcher die Klebschicht 5 unter leichtem Andruck einseitig auf das Sensor-Werkstück 1 aufgerollt wird. Mit dieser Maßnahme wird bezweckt, dass Luftblaseneinschlüsse zwischen der Sensor-Auflagefläche 4 und dem Transfer-Haftklebstoff verhindert werden.

Der Laminiervorgang, welcher mit Hilfe jener Handlaminierwalze umgesetzt wird, sollte mit einem elektrisch betriebenen Laminiergerät wiederholt werden, bei dem der Transfer-Haftklebstoff von der Transferrolle mit einer definierten Rollgeschwindigkeit dem elektrisch betriebenen Laminiergerät abgerollt und darauffolgend unter definiertem Anpressdruck 8 aufgerollt wird. Dadurch kann eine homogene Adhäsion zwischen dem Transfer-Haftklebstoff und der Sensor-Auflagefläche 4 gewährleistet werden.

Die geometrischen Muster der Galerien 6 werden mittels einem regelbaren Laserstrahl (Eximerstrahl) direkt von einer verfahrenbaren Laserquelle auf die Sensor-Auflagefläche 4 übertragen, die (geometrisch betrachtet) mit einer dreidimensional erstreckenden Gestalt in das Sensor-Werkstück 1 eingebracht werden. Anderenfalls besteht auch die Möglichkeit, dass jene Muster der Galerien 6 mit Hilfe des Lasers indirekt unter Zwischenschaltung von Masken auf die Sensor-Auflagefläche 4 abgelichtet werden, deren Vorgehensweise aber nicht näher betrachtet wird.

Der Galeriequerschnitt der einzelnen Galerie 6 (der sogenannten Vakuum- oder Luftgalerie) wird allgemein demjenigen eines Rotationskörpers entsprechen, der geradlinig an der Sensor-Auflagefläche 4 des Sensor-Werkstückes 1 abschließen wird. Dabei könnte jener Galeriequerschnitt theoretisch mit einer beliebigen Form umgesetzt werden, wobei vorzugsweise eine nicht quadratische oder nicht rechteckförmige oder eine parabelförmige oder trapezförmige oder aber eine quadratische oder rechteckförmigen Form bevorzugt werden, und wobei der Galeriequerschnitt gradlinig verlaufend (lotrecht) oder mit einem geeigneten Anstellwinkel der Sensor-Auflagefläche 7 ausgespart wird. Dabei wird der (bei Anwendung des Lithographie-Verfahrens verwendete) Laserstrahl die Galerien 6 mit einer Abtragtiefe t dem Sensor-Werkstück 1 lithographisch aussparen, welche durch die Intensität des Laserstrahls, die durch eine den Laserstrahl adressierende Laserquelle geregelt wird, und die Verfahrensgeschwindigkeit der Laserquelle beeinflusst wird. Die Laserquelle wird dreidimensional (also in alle drei Richtungen des kartesischen Koordinatensystems) verfahren. Außerdem besteht in Korrelation der regelbaren Laserstrahl-Intensität deswegen auch die Option, durch ein Nachstellen und / oder Heranführen der Laserquelle an die Klebstoffapplikation den Transfer-Haftklebstoff mit einer frei wählbaren Schichtdicke auf die Sensor-Auflagefläche 4 zu laminieren.

Ferner wird ergänzt, dass das Zusammenpressen der beiden Fügepartner mit einer Klemmvorrichtung realisiert wird, durch deren äußere Umklammerung jener definierte Anpressdruck 8 auf die stirnflächig gegenüberstehenden Auflageflächen jener Fügepartner und auf die zwischengeschichtete Klebschicht 5 übertragen wird. Dabei wird die ebenflächige Auflage des Sensor-Werkstücks 1 über deren

5 Auflagefläche 4 gleichmäßig belastet werden.

1. **Vakuum-Sensor-Applikation** für ein Structural Health Monitoring, mit einem Körperbauteil (2), an dem ein Sensor-Werkstück (1), welchem auf einer ebenflächigen Sensor-Auflagefläche (4) eine Klebschicht (5) laminiert und dort homogen verteilt aufgelegt ist, innerhalb einem definierten Bereich einer ebenflächigen Körperbauteil-Oberfläche positioniert ist und dem Körperbauteil (2) stoffschlüssig gefügt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Sensor-Werkstück (1) die geometrischen Muster von mehreren Galerien (6), die nebeneinander liegend laminar angeordnet sind, eingebracht sind, welche deckungsgleich mit den in das klebstofflamierte Sensor-Werkstück (1) eingebrachten Strukturen der Klebschicht (5) entfernt sind.
2. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einzelne Galerie (6) mit einer Abtragtiefe (t) realisiert ist, die durch einen Körperbauteil-Oberflächenbereich (3) des Körperbauteils (2) begrenzt ist und in das Sensor-Werkstück (1) fortgesetzt ist.
3. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Galerien (6) mit einer verschiedenartigen geometrischen Gestalt und einem unterschiedlichen Galeriequerschnitt dem Sensor-Werkstück (1) eingearbeitet sind.
4. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Galerien (6) mit einer uniformen geometrischen Gestalt und mit einem uniformen Galeriequerschnitt dem Sensor-Werkstück (1) eingearbeitet sind.
5. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der uniforme Galeriequerschnitt mit einer parabelförmigen Querschnittsform realisiert ist, wobei die Öffnung der Parabel mit der Sensor-Auflagefläche (4) abschließt.
6. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der uniforme Galeriequerschnitt mit einer dreieckförmigen Querschnittsform realisiert ist, wobei die Öffnung des Dreiecks, die dem von zwei Dreieckseiten eingeschlossenen Winkel gegenüberliegend angeordnet ist, mit der Sensor-Auflagefläche (4) abschließt.
7. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dreieckförmige Querschnittsform mit der Gestalt eines gleichschenkligen Dreiecks realisiert ist.
8. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der uniforme Galeriequerschnitt mit einer trapezförmigen Querschnittsform realisiert ist, wobei die Öffnung des Trapezes, die der Deckfläche des Trapezes gegenüberliegend angeordnet ist, mit der Sensor-Auflagefläche (4) abschließt.

5 9. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach den Ansprüchen 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die geometrische Gestalt der einzelnen Galerie (6) mit einem nicht quadrat- oder rechteckförmigen Galeriequerschnitt, der einem nicht zylinderförmigen Längsschnitt vergleichbar ist, dem Sensor-Werkstück (1) eingearbeitet ist.

10 10. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Sensor-Werkstück (1) ein räumlich variabler Galeriequerschnitt eingearbeitet ist.

15 11. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Galerien (6), welche dem Sensor-Werkstück (1) ausgenommen und der Klebschicht (5) deckungsgleich entfernt sind, unter Verwendung bekannter Strahlungsmethoden, vorzugsweise mit Hilfe der Laser-Lithographie, mit einem Lichtstrahl, vorzugsweise einem Laserstrahl, realisiert sind.

20 12. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit dem Sensor-Werkstück (1), das quader- oder schichtenartig ausgebildet und dessen Sensor-Auflagefläche (4) quadratisch oder rechteckförmig gestaltet ist, und der Klebeschicht (5), deren klebefähige Oberfläche quadratisch oder rechteckförmig gestaltet ist und nahezu kongruent der Sensor-Auflagefläche (4) geschichtet ist, ein Schichtenaufbau realisiert ist, bei dem die Schichtdicke (a) des Sensor-Werkstückes (1) größer der Schichtdicke (b) der Klebeschicht (5) ist.

25 13. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach den Ansprüchen 11 und 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung der Galerien (6) mit einer Galerie-Architektur berücksichtigt ist, nach welcher der Galerieverlauf seitenparallel oder längs- oder breiseitig oder querverlaufend den kongruent liegenden Schichten des Schichtenaufbaus ohne Galerie-Kreuzung realisiert ist.

30 14. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klebeschicht (5) gleichmäßig und vorzugsweise mit einer geringen Schichtdicke (b) ausgeführt ist.

35 15. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schichtdicke (b) der Klebeschicht (5) mit einem dünnen Schichtenauftrag realisiert ist.

40 16. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klebschicht (5) mit einem Haftklebstoff, vorzugsweise einem laminierfähigen Transfer-Haftklebstoff, realisiert ist.

17. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klebschicht (5) mit einem vernetzten Transfer-Haftklebstoff von geringer Kriechneigung realisiert ist, welcher befähigt ist, zwischen dem Sensor-Werkstück (1) an der Sensorauflagefläche (4) und dem Körperbauteil (2) am Körperbauteil-Oberflächenbereich (3) eine Adhäsion umzusetzen.

18. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach den Ansprüchen 16 und 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transfer-Haftklebstoff befähigt ist, an den Kontaktflächen der Sensorauflagefläche (4) und des Körperbauteil-Oberflächenbereiches (3) eine dynamisch-mechanische und homogene Adhäsion entwickelt, die mit einer Adhäsionskraft von 20 – 50 N / 25 mm realisiert ist.

19. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach den Ansprüchen 1 und 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transfer-Haftklebstoff ein von einer Transferrolle abrollfähiger Klebstoff mit einer definierten und konstant bleibenden Schichtdicke (b) ist, der zum stoffschlüssigen Fügen auf dem Körperbauteil-Oberflächenbereich (3) des Körperbauteils (2), das unter dem Einfluss eines auf die beiden Fügepartner einwirkenden definierten und reproduzierbaren Anpressdruck realisiert wird, geeignet ist.

20. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach den Ansprüchen 14 und 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der verwendete Haftklebstoff vorzugsweise ein Acrylat-Haftklebstoff ist, der mit einer Schichtdicke (b) von etwa 25 µm eingesetzt ist.

21. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor-Werkstoff des Sensor-Werkstückes (1) ein Polymerwerkstoff ist.

22. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Polymerwerkstoff vorzugsweise mit einem Polyimit realisiert ist.

23. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Polyimit eine Kapton-Folie ist, die mit einer Foliendicke von etwa 125 µm realisiert ist.

24. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der verwendete Laserstrahl ein gepulster Eximerstrahl ist, der mit einer Pulsenergie von 400 mJ auf das klebstofflamierte Sensorwerkstück (1) gerichtet ist.

25. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Laserstrahl unter verschiedenen Anstellwinkeln der Sensor-Auflagefläche (4), vorzugsweise lotrecht auf der Sensor-Auflagefläche (4) stehend, gesetzt ist.

26. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anstellwinkel auf einen Winkelbereich von -45° bis +45° bezogen sind, den der Laserstrahl mit der Sensor-Auflagefläche einschließt.

27. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach den Ansprüchen 1, 11 und 16, **dadurch gekennzeichnet**,

dass der verwendete Transfer-Klebstoff der Klebeschicht (5) die Fähigkeit besitzt, unter dem Einfluss des durchdringenden Lichtstrahles den Transfer-Haftklebstoff mit dem Durchtrittsquerschnitt des Lichtstrahles an der Lichtdurchtrittsstelle über die Schichtdicke (b) des Transfer-Klebstoffes durch rückstandslose Klebstoffverdampfung ohne makroskopischen Klebstoffrückstand auszusparen.

28. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach den Ansprüchen 1, 2 und 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass

die mit der Abtragtiefe (t) korrelierende Galerietiefe jener Galerien (6) von uniformer geometrischer Gestalt mit etwa 100 µm realisiert ist, die subsummiert durch die Schichtdicke (b) der Klebschicht 5 und die innerhalb dem Sensor-Werkstück (1) ausgenommene Tiefe der betreffenden Galerie (6) bestimmt ist.

29. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass die innerhalb

dem Sensor-Werkstück (1) ausgenommene Tiefe der betreffenden Galerie (6) mit 75 µm realisiert ist.

30. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass deren

Verwendung an einem Körperbauteil (2), dessen Werkstoff ein entsprechendes Metall, ein Metall laminate oder ein Komposite-Werkstoff ist.

31. **Vakuum-Sensor-Applikation** nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass die

Oberflächen der metallenen Werkstoffe mit einer Schicht aus Bond-Primer oder Farbe beschichtet sind.

32. **Vakuum-Sensor-Applikation** für ein Structural Health Monitoring, mit einem Körperbauteil (2), an

dem ein Sensor-Werkstück (1), welchem auf einer ebenflächigen Sensor-Auflagefläche (4) eine Klebschicht (5) laminiert und dort homogen verteilt aufgelegt ist, innerhalb einem definierten Bereich einer ebenflächigen Körperbauteil-Oberfläche positioniert ist und dem Körperbauteil (2) stoffschlüssig gefügt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Sensor-Werkstück (1) die geometrischen Muster von mehreren ersten Galerien (61) uniformer Gestalt mit einem ersten Galeriequerschnitt (A_1) und einer ersten Abtragtiefe (t_1), die nebeneinander liegend laminar angeordnet sind, und die geometrischen Muster von mehreren zweiten Galerien (62) uniformer Gestalt mit einem zweiten Galeriequerschnitt (A_2) und einer zweiten Abtragtiefe (t_2) eingebracht sind, wobei die ersten und zweiten Galerien (61, 62) jeweils entlang einer Abtragachse (x), die lotrecht auf einer Sensor-Werkstück-Oberfläche (8) steht, ausgenommen sind und wobei die erste Abtragtiefe (t_1) größer der zweiten Abtragtiefe (t_2) sowie der zweite Galeriequerschnitt (A_2) größer dem ersten Galeriequerschnitt (A_1) ist, und das geometrische Muster der einzelnen zweiten Galerie (62) jeweils mit der in das klebstofflaminierte Sensor-Werkstück (1) eingebrachten Struktur der Klebschicht (5) entlang jener Abtragsachse (x) mit einer dritten Abtragtiefe (t_3), welche der Dicke des Klebstoffschicht (5) entspricht, entfernt ist.

33. **Vakuum-Sensor-Applikation** für ein Structural Health Monitoring, mit einem Körperbauteil (2), an dem ein Sensor-Werkstück (1), welchem auf einer ebenflächigen Sensor-Auflagefläche (4) eine Klebschicht (5) laminiert und dort homogen verteilt aufgelegt ist, innerhalb einem definierten Bereich einer ebenflächigen Körperbauteil-Oberfläche positioniert ist und dem Körperbauteil (2) stoffschlüssig gefügt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Sensor-Werkstück (1) die geometrischen Muster von mehreren ersten Galerien (61) uniformer Gestalt mit einem ersten Galeriequerschnitt (A_1) und einer ersten Abtragtiefe (t_1), die nebeneinander liegend laminar angeordnet sind, eingebracht sind, wobei die ersten Galerien (61) jeweils entlang einer Abtragachse (x), die lotrecht auf einer Sensor-Werkstück-Oberfläche (8) steht, ausgeniommen sind, und das geometrische Muster der einzelnen ersten Galerie (61) jeweils mit der dem klebstofflaminieren Sensor-Werkstück (1) eingebrachten Struktur entlang jener Abtragsachse (x) mit einer dritten Abtragtiefe (t_3), welche der Dicke der Klebstoffschicht (5) entspricht, und einem dritten Galeriequerschnitt (A_3) abgestuft entfernt ist, wobei die dritte Abtragtiefe (t_3) kleiner oder gleich oder größer der ersten Abtragtiefe (t_1) sowie der dritte Galeriequerschnitt (A_3) größer dem ersten Galeriequerschnitt (A_1) ist.

Zusammenfassung

Vakuum-Sensor-Applikation

- 5 Die Erfindung betrifft eine Vakuum-Sensor-Applikation für die Umsetzung eines „Structural Health Monitoring“ (SHM) gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Es wird eine Vakuum-Sensor-Applikation realisiert, mit der ein „Structural Health Monitoring“ (SHM) an Strukturen umgesetzt wird, um beispielsweise im Flugzeugbetrieb eine Rissfindung in Verbindungsnähten zu kontrollieren, welche ohne zusätzlichen Aufwand an Nacharbeit auf rationelle Weise realisiert wird.

10

Die Vakuum-Sensor-Applikation für ein Structural Health Monitoring besteht aus einem Körperbauteil, an dem ein Sensor-Werkstück, welchem auf einer ebenflächigen Sensor-Auflagefläche eine Klebschicht laminiert und dort homogen verteilt aufgelegt ist, innerhalb einem definierten Bereich einer ebenflächigen Körperbauteil-Oberfläche positioniert ist und dem Körperbauteil (2) stoffschlüssig gefügt ist. Dem Sensor-Werkstück (1) sind die geometrischen Muster von mehreren Galerien, die nebeneinander liegend laminar angeordnet sind, eingebracht, welche deckungsgleich mit den in das klebstofflamierte Sensor-Werkstück eingebrachten Strukturen der Klebschicht entfernt sind.

Bezugszeichenliste

	1	Sensor-Werkstück
	2	Körperbauteil
5	3	Körperbauteil-Oberflächenbereich
	4	Sensor-Auflagefläche
	5	Klebschicht; Transfer-Klebstoff
	6	Galerie(n)
	61	erste Galerie
10	62	zweite Galerie
	7	Sensor-Werkstück-Oberfläche
	8	Anpressdruck
	a	Schichtdicke
	b	Schichtdicke
	A ₁	erster Galeriequerschnitt
	A ₂	zweiter Galeriequerschnitt
	t	Abtragtiefe
	t ₁	erste Abtragtiefe
20	t ₂	zweite Abtragtiefe
	t ₃	dritte Abtragtiefe

Stand der Technik

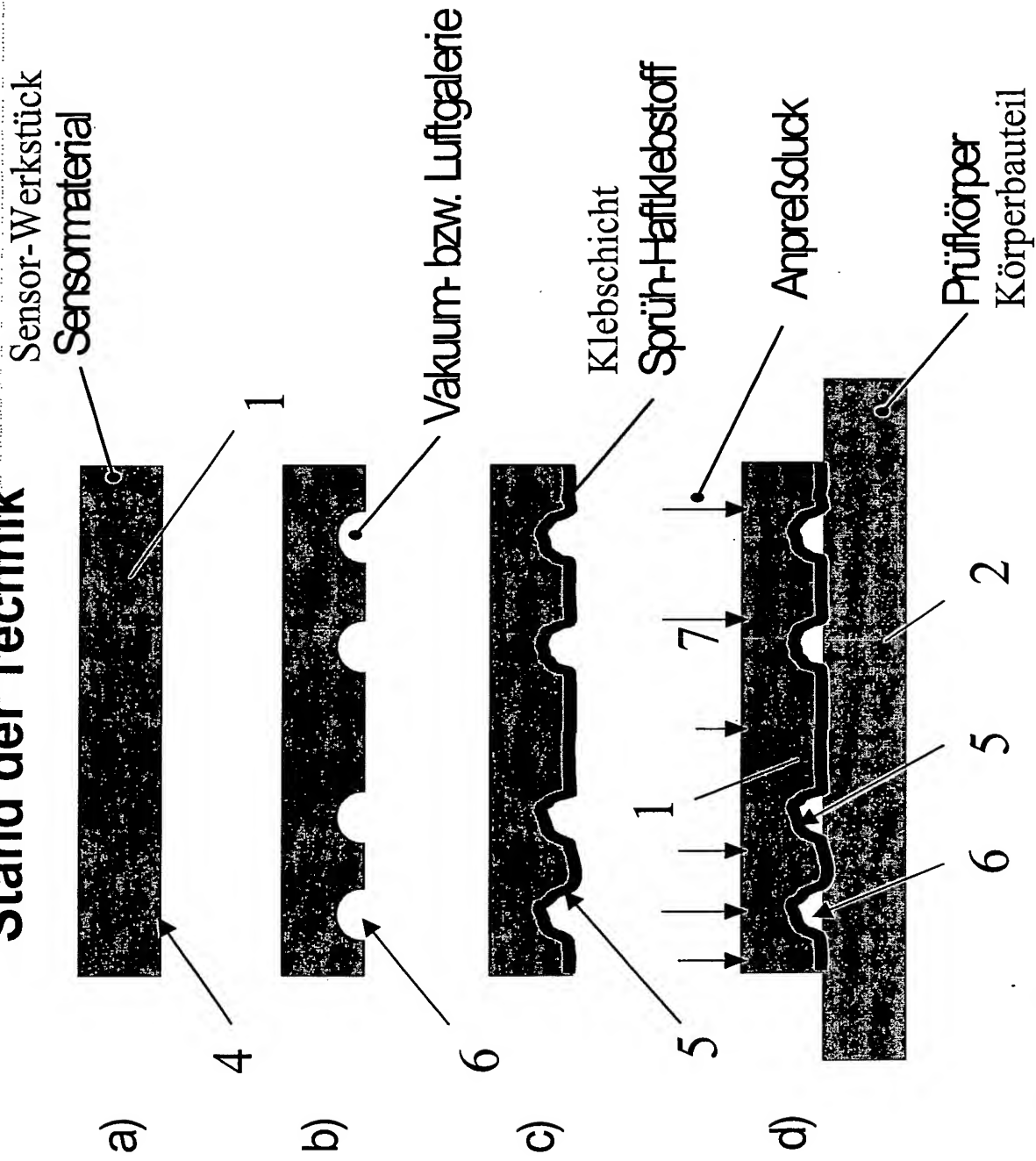


Fig. 1

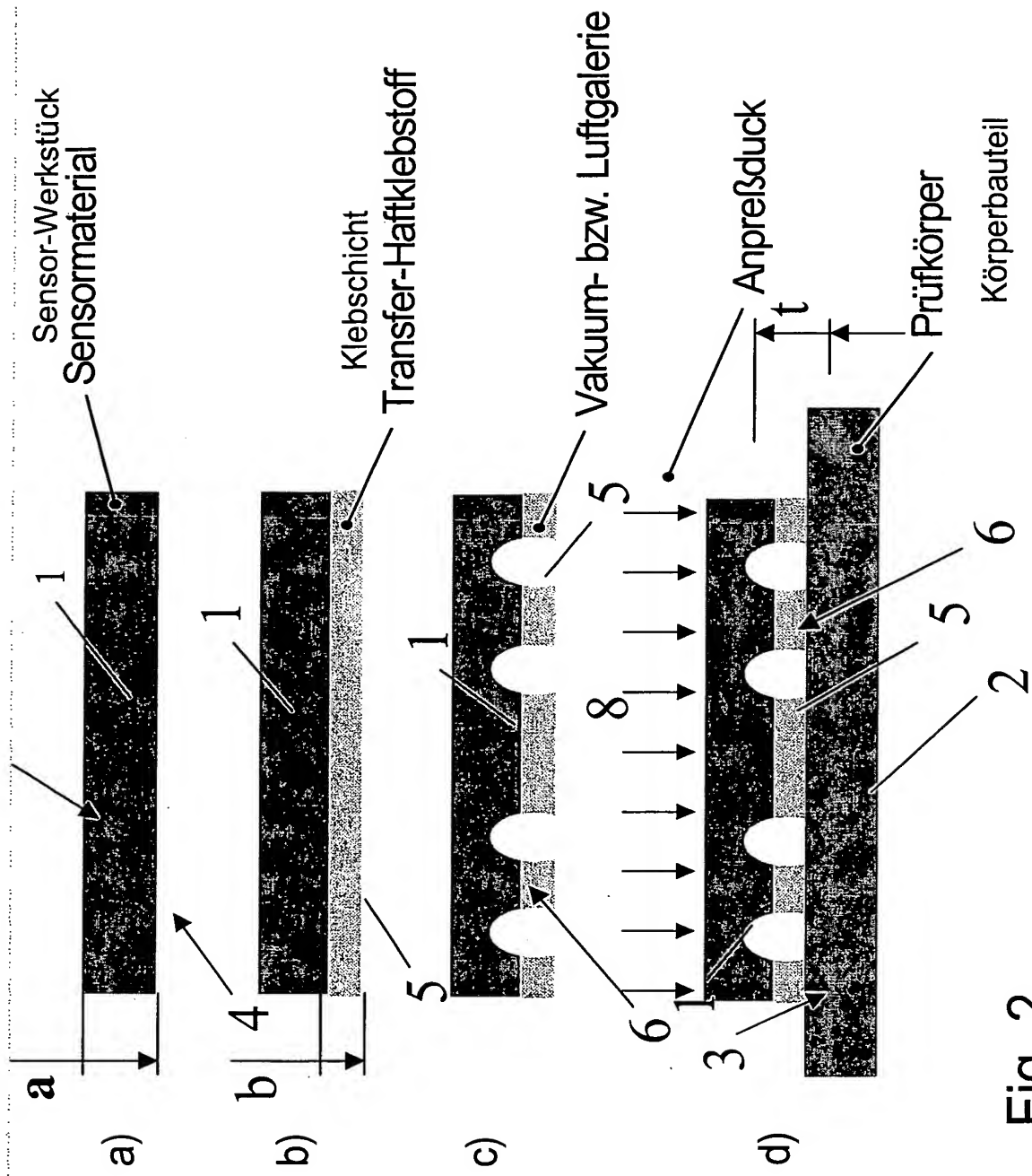


Fig. 2

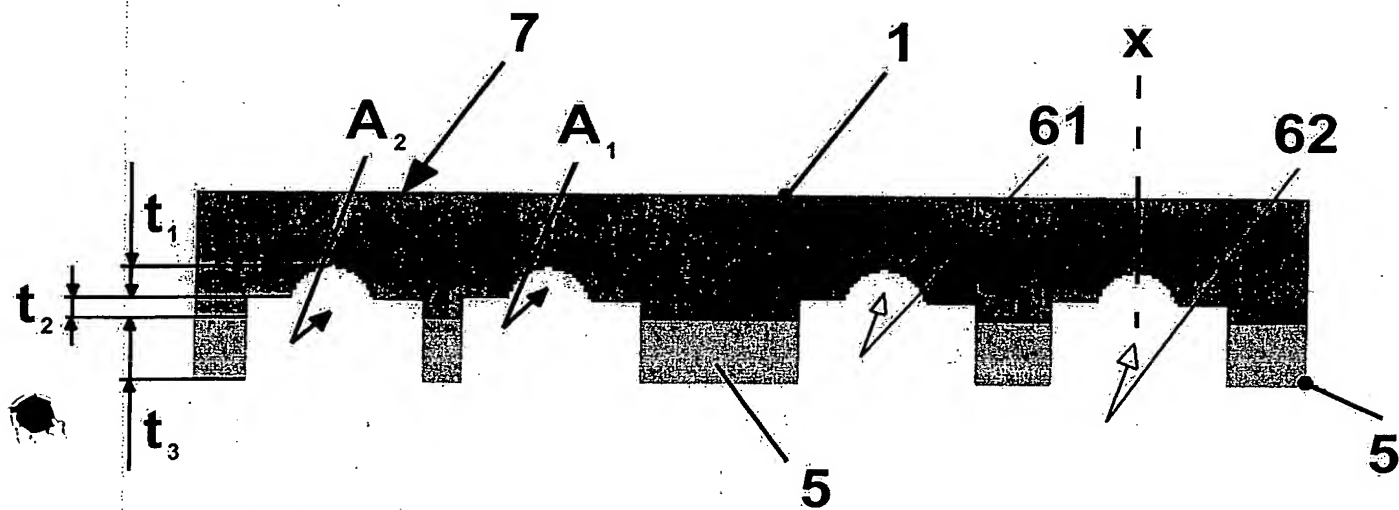


Fig. 3

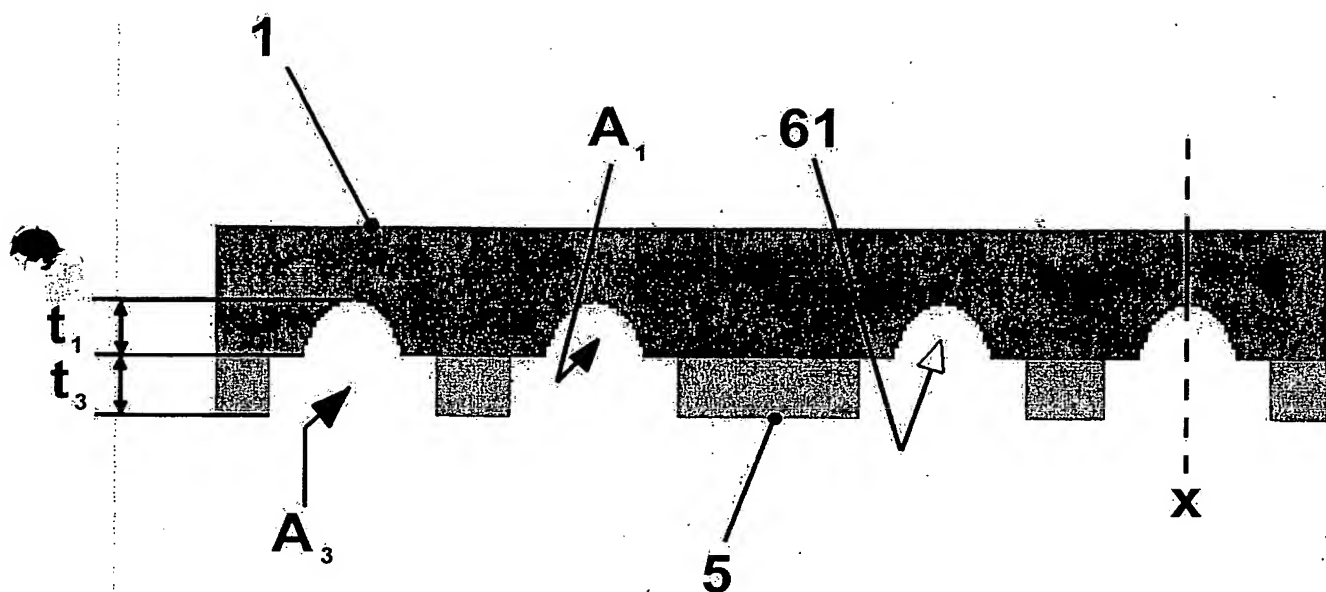


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.